

„Innovationsnetzwerk für Technologiefortschritt in Bauteil-, Prozess- und Werkstoff-Design für massivumgeformte Bauteile der Automobiltechnik“

Innovationstransfer technische Potenzialbewertung und Lebenszyklusanalyse

Abschlussveranstaltung des Forschungsverbundes
Massiver Leichtbau, Düsseldorf, 11. Oktober 2018

Forschungsinstitute



Forschungsvereinigungen



Im Folgenden werden Ergebnisse aus den Forschungsprojekten *Entwicklung von höchstfesten Stählen für alternative Wärmebehandlungen und für die Kaltmassivumformung von Bauteilen im Kfz-Antriebsstrang* (P 1055 / IGF-Nr. 24 LN) und *Intelligenter Leichtbau durch Mehrkomponentenverfahren* (P 1056 / IGF-Nr. 18189 N) präsentiert.

Gliederung

1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

1. Untersuchungsfelder

- Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
- Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
- Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
- Ermittlung des potenziellen Einflusses primär gewichtsreduzierter Bauteile auf den Energieverbrauch und Fahrdynamik
- Quantifizierung des sekundären Gewichtseinsparpotenzials im Gesamtfahrzeug
- Energetische, ökologische und wirtschaftliche Produkt- und Prozessbewertung der Leichtbaumaßnahmen über dem gesamten Fahrzeuglebenszyklus



Gliederung

1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

2.1 Massiver Leichtbau im Innovationsgeschehen

(1) Leichtbaupotenziale

- Neue Stahlsorten und Bearbeitungsmöglichkeiten in den vergangenen 10 bis 15 Jahren
- im Bereich der Massivanwendungen: Leichtbaupotenziale bei gleichbleibenden Anforderungen an Bauteileigenschaften

(2) Bauteiloptimierung

- (1) Auswahl von Material, Bearbeitung, Bauteildesign
 - (2) Optimierung des Verfahrens
 - (3) Eine systemische Betrachtung der Funktion und Position im Gesamtsystem
- In der Regel Teiloptimierung in Hinblick auf einzelne Aspekte



Technologie und Kosten



(3) Umsetzung und Kosten

- Frühzeitige Nutzung der Potenziale, wo hohe Gewichts- und Kosteneinsparungen möglich waren
- Derzeit noch erhebliche Potenziale vorhanden
- kontinuierliche Weiterentwicklung der Bearbeitungsverfahren

Quelle: Expertengespräche mit Unternehmen und Forschungsstellen.

2.1 Stahl-Leichtbau in Unternehmensforschung und Wissenschaft

- **Untersuchungsgegenstand:** wissenschaftliche Publikationen und kooperative Unternehmensprojekte
- **Untersuchungsmethode:** Auswertung der 20 Top Journals der Ingenieurs- und Materialwissenschaften); Stichworten

Ergebnisse

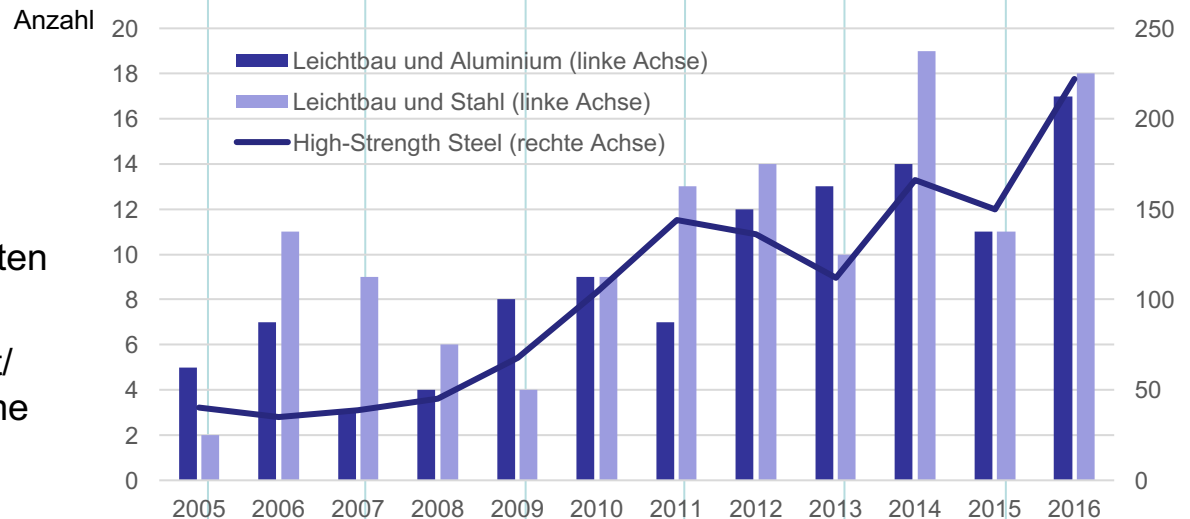
- Unternehmen: mehrere Leuchtturm-Projekte ab 2005
- Publikationen: Deutliche Steigerungsraten bei High-strength steel
- Publikationen Stahlleichtbau insgesamt/ Aluminium-Leichtbau: ähnliche Zunahme

➔ neue Potenziale und veränderte Nachfrage/ Rahmenbedingungen treiben den Leichtbau

Unternehmensverbünde zum Leichtbau



Publikationen zu Stahl-Leichtbau



Quelle: Oberes Schaubild: Ergebnispräsentation Massiver Leichtbau Phase II: Leichte Nutzfahrzeuge 2015 – 2016; unteres Schaubild: Auswertung von Scopus, absolute Werte.

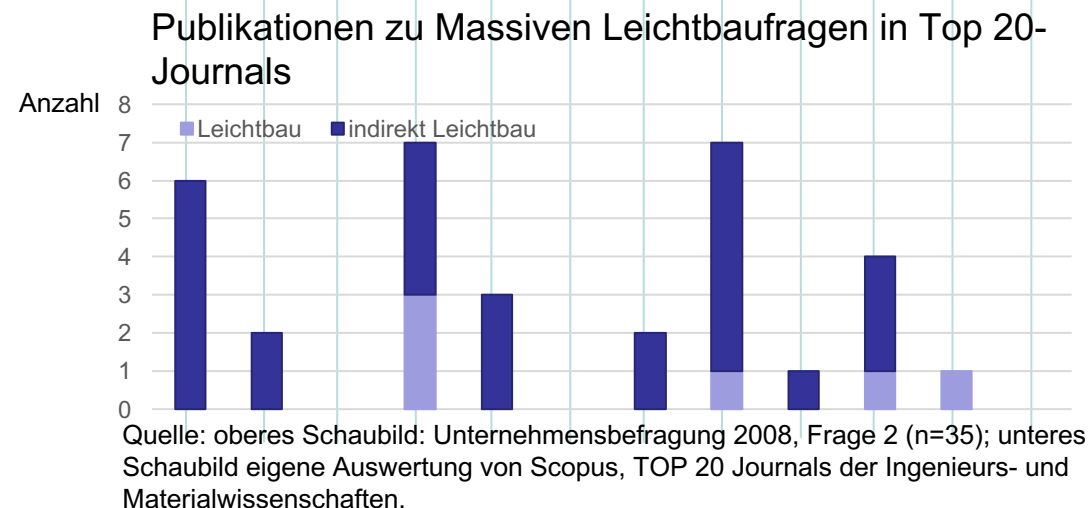
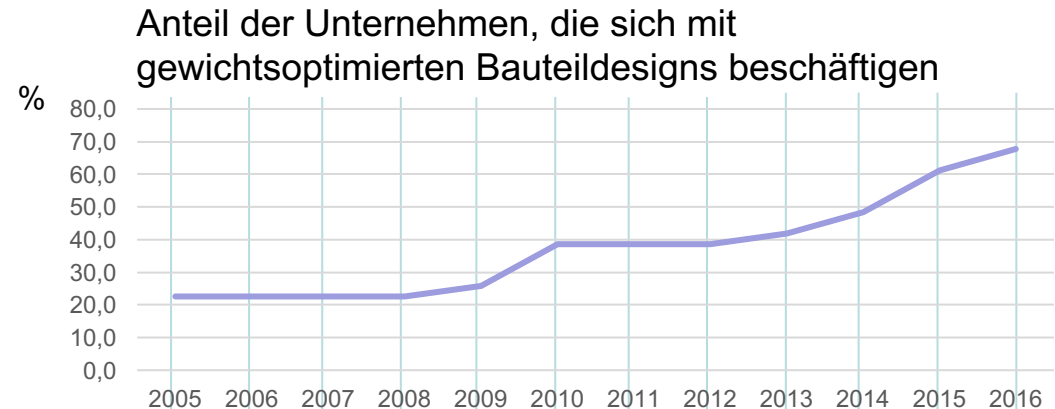
2.2 Massiver Stahl-Leichtbau in Unternehmensforschung und Wissenschaft

Unternehmen

- deutlich erhöhtes Interesse an gewichtsoptimierten Bauteildesigns (23% der Unternehmen: keine Beschäftigung)
- Impuls hauptsächlich aus eigenem Unternehmen, von Kunden; auch aus der Wissenschaft (neue Materialien)
- Knapp 30% der Unternehmen nutzen Produkte mit gewichtsoptimierten Bauteildesigns oder bieten sie an

Wissenschaft

- Keine Zunahme in der Publikationsaktivitäten im Zeitablauf
- Fragestellungen sind „zu anwendungsorientiert“



Gliederung

1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
- 3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette**
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette

Ausgangssituation

Innovationshemmnisse

Faktoren, die die Einführung von Neuerungen (Produkteigenschaften, Verfahren) behindern

- vielfach Routinen, die je nach Situation wichtig für die Strukturierung der Unternehmensergebnisse sind, an einigen Stellen wichtige Neuerungen behindern
- Können auch faktische (technologische) Hemmnisse sein, oder in Risikoaversion bei unvollständigen Informationen liegen

➡ Kein systematisches Wissen darüber, wo mögliche Innovationshemmnisse für Lösungen des Massiven Leichtbaus liegen

Untersuchungen

Fragen

- Wo lassen sich Innovationshemmnisse identifizieren?
- Wie sieht eine Gesamtsystem-Sicht aus?

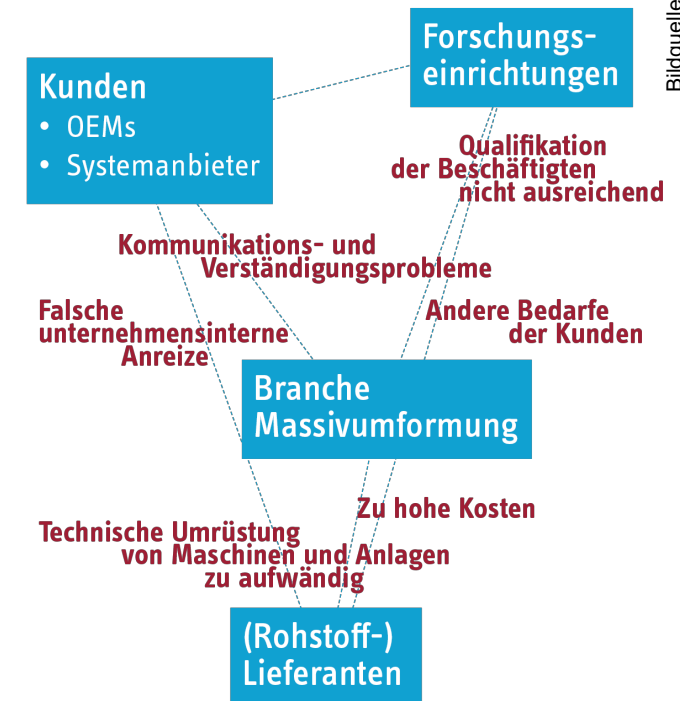
Vorgehensweise

- Zwei schriftliche Unternehmensbefragungen
- Expertengespräche

Ergebnis

- Beobachtbare Innovationshemmnisse, Bewertung im Systemkontext

Hemmnisse für Technologietransfer und Innovationen



Bildquelle: RWI

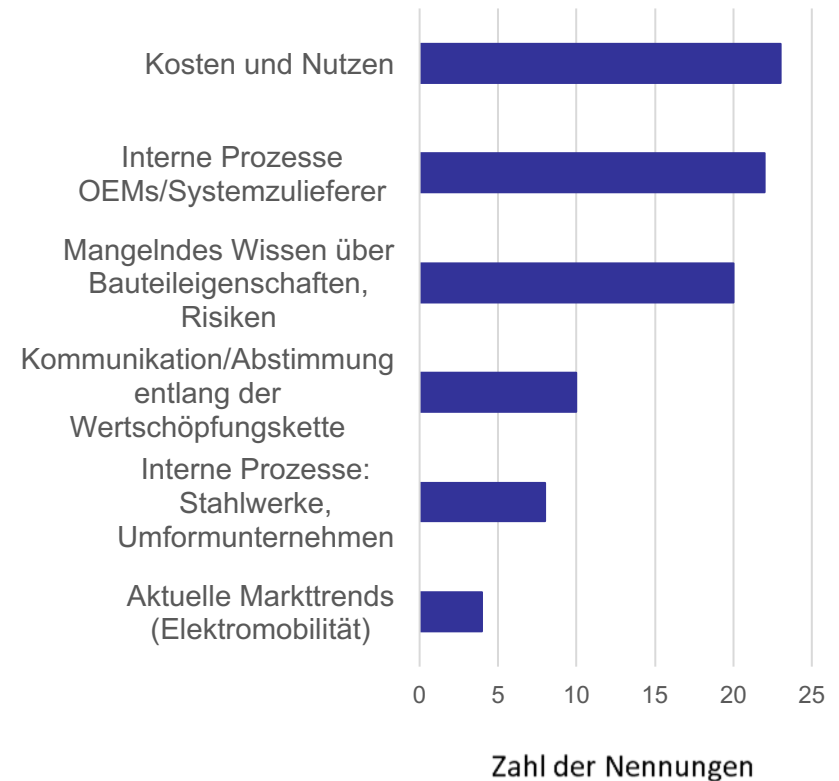
3.1 Innovationshemmnisse für Leichtbauteile

Ergebnisse der Literaturlauswertung

Einzeluntersuchungen mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen

1. Fallstudien: im Detail zahlreiche Hemmnisse, Bedeutung individueller Faktoren
-> hohe Bedeutung individueller Bedingungskonstellationen
2. Ökonometrische Untersuchungen: heben einzelne Faktoren (Kosten/ Unterschiede zwischen innovativen und nicht innovativen Unternehmen) hervor
-> keine direkt übertragbaren Ergebnisse

Die bis zu drei wichtigsten Faktoren, die die Nutzung neuen Bauteilpotenziale behindern



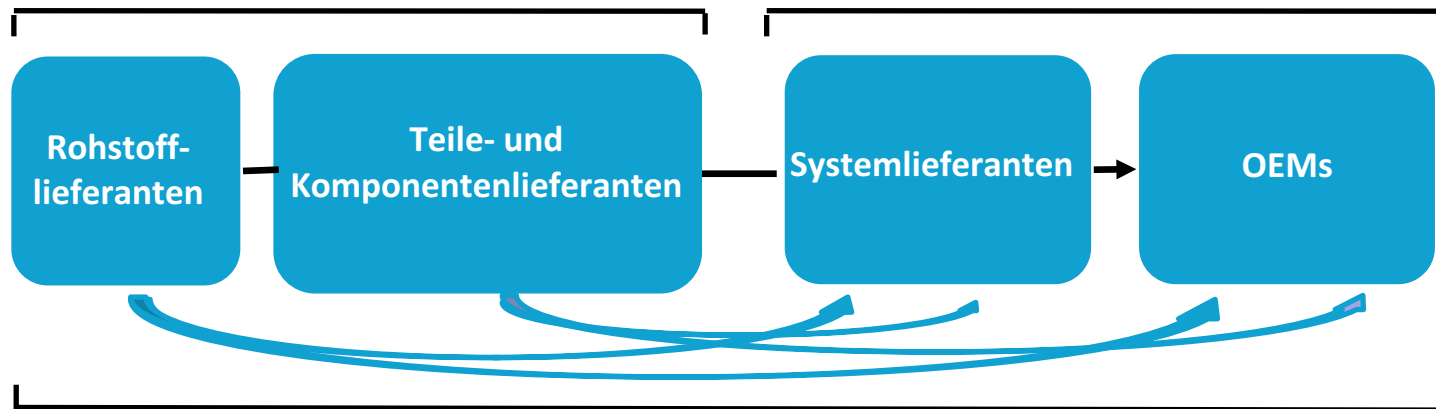
Quelle: Unternehmensbefragung 2018, Frage 6 (n=35), Mehrfachnennungen.

3.2 Innovationshemmnisse im Systemzusammenhang

- (1) Gesamtsystem**
- (Unsicherheiten über) Nutzen und Kosten
 - Erforderliche Änderung von Routinen

- (2) Stahlwerke, Massivumformer**
- Umgang mit neuen Materialien, Bauteildesigns
 - Investitionskosten

- (3) Systemzulieferer, OEMs**
- Zu wenig Wissen über Nutzen-Kosten
 - Komplexe Entscheidungsprozesse



- (4) Kommunikation/Abstimmung entlang der Wertschöpfungskette**
- Zu wenig (enge, frühzeitige) Kontakte mit Kunden

Beobachtungen

- Verändertes Umfeld: Innovationen/engere vorwettbewerbliche Kooperation werden wichtiger
- Zentrale Bedeutung von anwendungs-orientiertem Wissen über Potenziale/Kosten
- Deutliche Unterschiede zwischen Einzel-unternehmen

Gliederung

1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse

Ausgangssituation

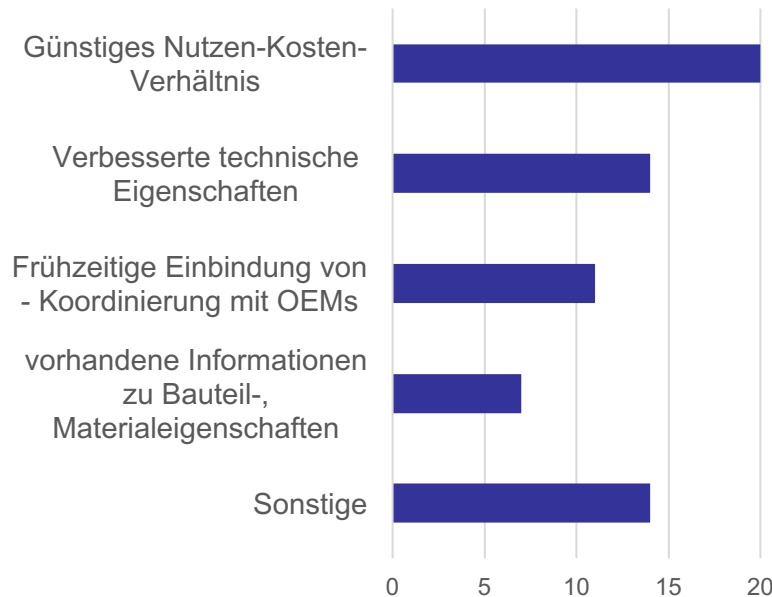
- **Kenntnis über Innovationshemmnisse** ist nicht gleichzusetzen mit deren Überwindung
- **Literaturstand in der Innovationsforschung:** sehr individuelle Lösungen, die auf die jeweilige Konstellation zugeschnitten sind
- Erforderlich: Betrachtung möglicher Maßnahmen, aber auch der Entwicklung seit Beginn des Forschungsverbunds

Untersuchungen

Fragen	Basis	Ergebnis
• Welche Faktoren können die Markteinführung von Leichtbaulösungen begünstigen? • Welche Rolle spielt die Leichtbauinitiative und der Forschungsverbund bei der Beseitigung der Hemmnisse? • Welche Empfehlungen wurden im Projekt entwickelt, welche können für die weitere Entwicklung gegeben werden?	• Unternehmensbefragungen, und Expertengespräche • Betrachtung der Ergebnisse im Gesamtzusammenhang	• Überblick über die Auswirkungen der Entwicklung in den vergangenen Jahren • Was können die Unternehmen, der Forschungsverbund und die Forschungsinitiative weiter leisten?

4.1 Was kann die Markteinführung begünstigen?

Faktoren, die die Markteinführung von Produkten befördern, die neue Bauteilpotenziale nutzen



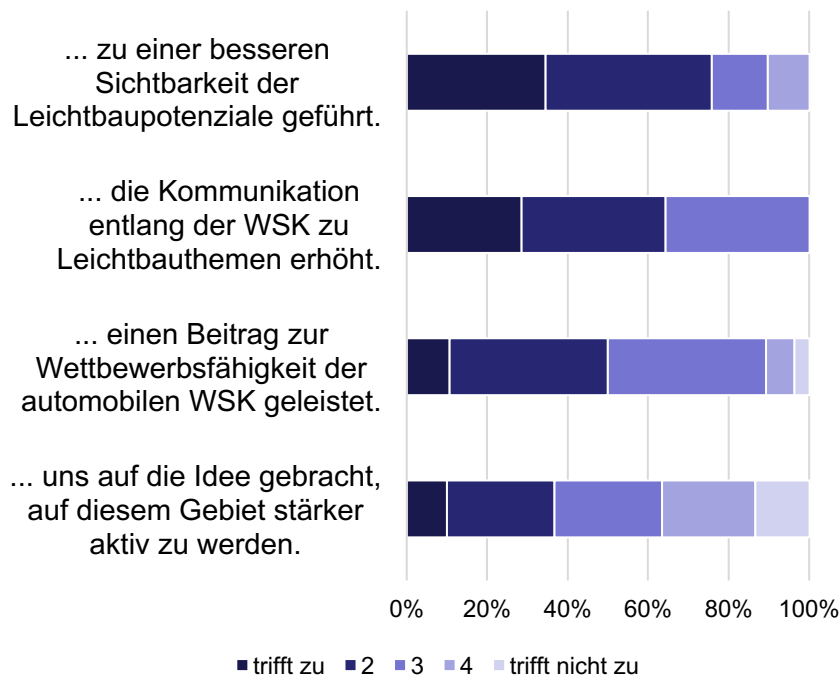
Quelle: Unternehmensbefragung 2018, Frage 7 (n=32).



=> **Zahlreiche Ansatzpunkte, kein einfaches Erfolgsrezept**

4.2 Beitrag von Industrieinitiative/Forschungsverbund

Einschätzung von Industrieinitiative und Forschungsverbund: sie haben...



Quelle: Unternehmensbefragung 2018, Frage 10 (n=31).

Industrieinitiative

- Deutlich höhere Sichtbarkeit des Massiven Leichtbaus (Innovationspotenziale, neue Stahlsorten)
- Erfolgreiche Maßnahmen, um Leichtbaupotenziale deutlich zu machen (Industrieprojekte; Tech Days)
- Verbesselter Austausch zwischen Kunden und Massivumformern/Stahlwerken

Forschungsverbund

- Wissen über Materialien/Verfahren erweitert
- Transparenz der Ergebnisse über die Bauteile
- Anhaltspunkte über Kosten
- Beitrag zur erhöhten Sichtbarkeit des Massiven Leichtbaus

4.3 Ansatzpunkte für Verbesserungen

Massivumform-Unternehmen; Stahlwerke

Zahlreiche Hemmnisse, Gleichzeitig: stark geändertes Umfeld, neue Chancen und Möglichkeiten

=> *Ansatzpunkt 1: Problembewusstsein, Wissensdefizite, Offenheit für Neuerungen, aktivere Rolle*

Verhältnis OEMs-Systemzulieferer – Massivumformer

Teilweise punktuelle Kontakte; mehr Wissen über Kundenperspektive wäre teilweise hilfreich (Systemsicht)

=> *Ansatzpunkt 2: Stärkung von Wissensaustausch, persönliche Kontakte*

OEMs, Systemzulieferer

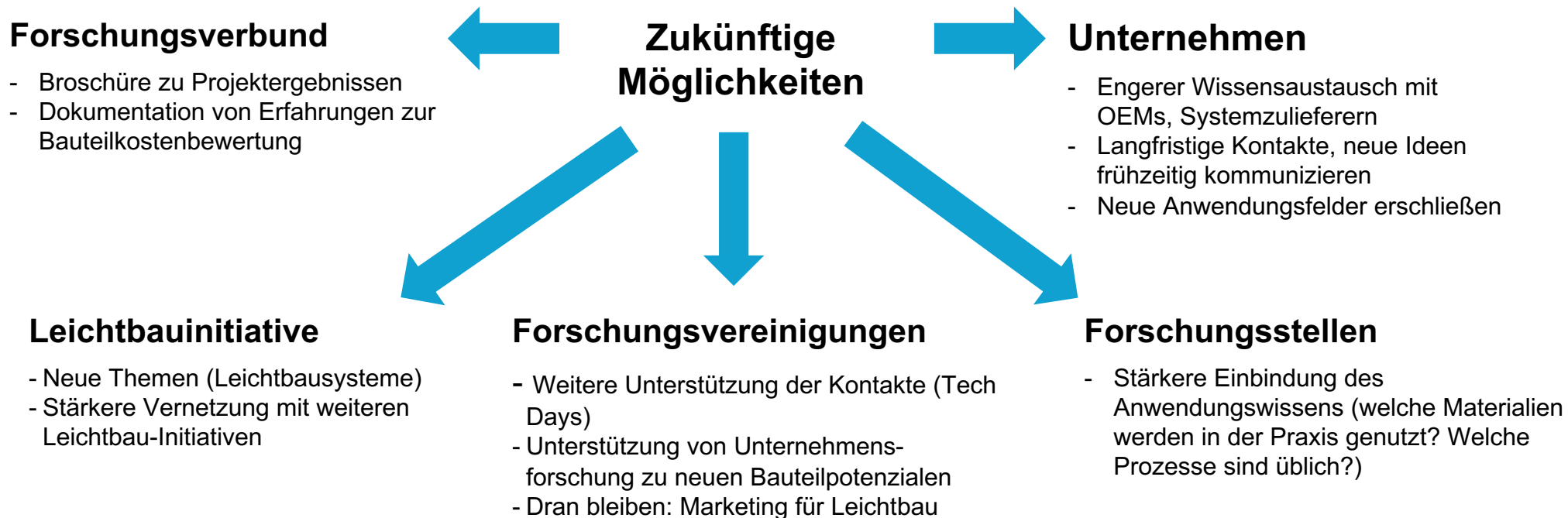
Teilweise wenig Informationen über neue Möglichkeiten; anderer Fokus (z.B. E-Mobilität)

=> *Ansatzpunkt 3: Wissen zu Leichtbaunutzen; „awareness“ über neue technische Möglichkeiten, Sichtbarkeit des Stahl-Leichtbaus*

4.4 Was ist noch zu tun?

Bereits im Projekt umgesetzt: Beispiele

- Einbindung von Unternehmensvertretern bei OEMs, Systemzulieferern, Ingenieurbüros (das Projekt bekannt machen)
- Bauteilkostenbewertung
- Fokussierung der Ergebnisse auf Unternehmensbedarfe



Gliederung

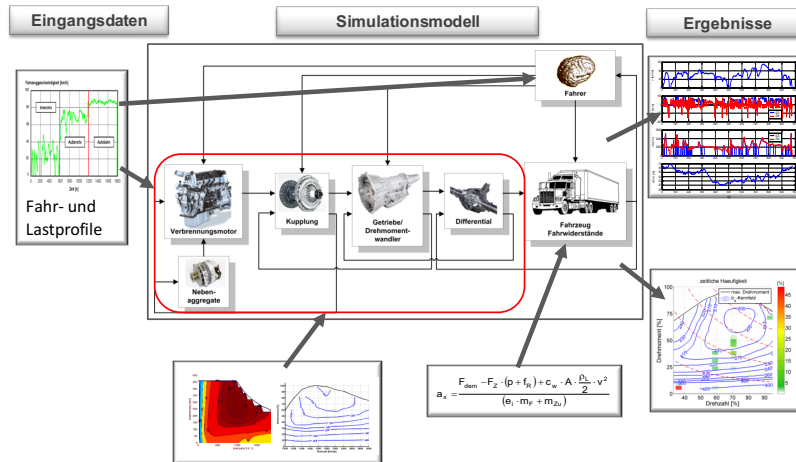
1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

5. Potenzialbewertung primär gewichtsreduzierter Bauteile

Effizienz (Antriebsstrang)



- Ermittlung des **optimierten Energieverbrauchs** im NEFZ

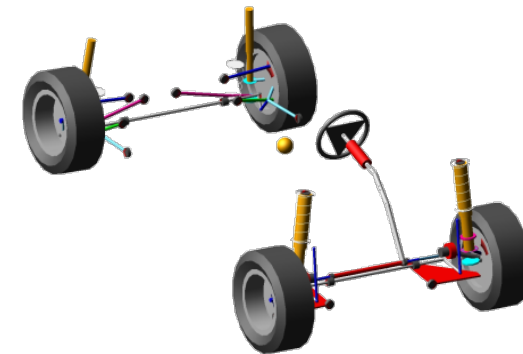


- Abbildung und Parametrierung eines **Referenzfahrzeuges** in einem **Simulationsmodell**
- Analyse der Leichtbaukomponenten hinsichtlich **antriebsrelevanter Parameter (Masse, rot. Massenträgheit)**
- Berechnung und Vergleich von **Energieverbrauch** (NEFZ), Beschleunigungsvermögen und Elastizität

Fahrdynamik (Fahrwerk)



- Bewertung der Verbesserung von **Fahrsicherheit** und **Fahrkomfort** durch die primäre Gewichtsreduktion

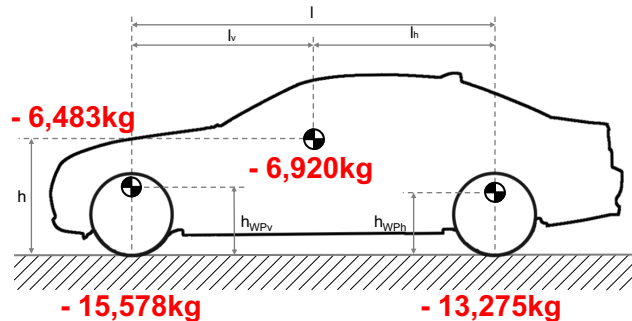


- Aufbau eines **Mehrkörpersimulationsmodells** für das Vollfahrzeug
- Beurteilung der **Fahrsicherheit** (Bremsweg, doppelter Fahrspurwechsel, Radlastschwankungen)
- Analyse des veränderten **Fahrkomforts** (Aufbauschwingsbelastung für den Fahrer)

5.1. Effizienz des Antriebsstranges

Identifikation der Bauteile und Modellierung

- Rund **200 Bauteile**; Summe der Maßnahmen:
 $\Delta m = 42,256 \text{ kg} / -2,3 \%$
- **Klassifizierung nach Einbaulage**, d.h. Zusammenfassung der Massen auf je einen Punkt

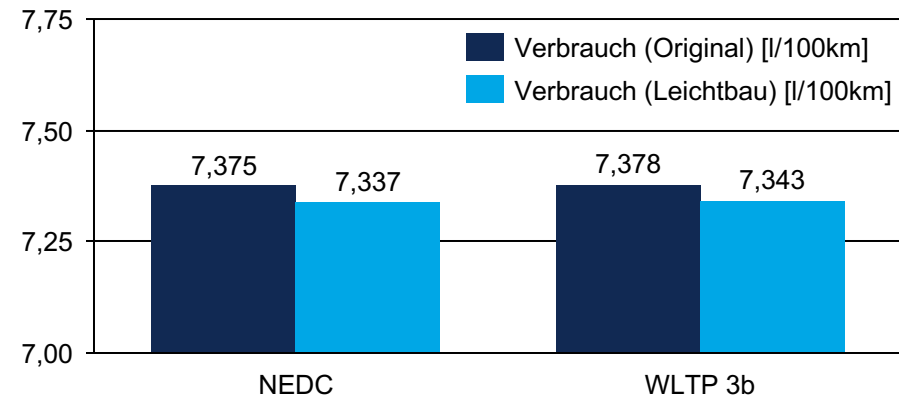


- **Neue Schwerpunktlage** berechnet auf Basis der klassifizierten Leichtbaumaßnahmen
- Einfluss auf **Radlasten** vorne und hinten
- Simulation mittels Längsdynamikmodell einer Mittelklasse-Limousine in Matlab/ Simulink

4-Zylinder Diesel	$m = 1864 \text{ kg}$
6-Gang DKG	$A = 2,24 \text{ m}^2$
Leistung = 107 kW	$c_w = 0,31$

Simulationsergebnisse

- Berechnung des Streckenverbrauchs in den Normzyklen **NEDC** und **WLTP** (Variante 3b)
- Jeweils Simulationen **mit und ohne gewichtsreduzierende Maßnahmen** bei unterschiedlichen Fahrermodellen
- Verbrauchsreduktion um **0,52%** (NEDC) bzw. **0,47%** (WLTP)
- Vorteile der Masse-Reduktion teilweise durch **Verschiebung der Betriebspunkte** des VM aufgehoben; **Anpassung der Getriebeübersetzungen** kann diesen Effekt verringern
- Einfluss der rotatorischen Trägheiten max. 0,001 l/100km (vernachlässigbar)



5.2. Fahrdynamik und Fahrsicherheit

Ergebnisse & Ausblick

- **Bremsen aus 100 km/h** (Längsdynamik)
 - Fahrzeug kommt früher zum stehen
- **Stationäre Kreisfahrt** (Querdynamik, quasistationär)
 - Höhere Fahrsicherheit
 - Eröffnet Spielraum zu Anpassung der Stabilisatoren
- **Doppelter Fahrspurwechsel** (Querdynamik, dynamisch)
 - Geringerer Schwimmwinkel führt zu erhöhter Beherrschbarkeit
- **Überfahrt Schlechtwegstrecke** (Komfortverhalten)
 - Auswirkung abhängig von Fahrwerksabstimmung

Ausblick

- Potential auf Leichtbau ausgerichteter, **ganzheitlicher Konzepte**
- Leichtbau in Betrachtung mit **neuen Fahrzeugkonzepten** (z.B. Urbanisierung, Elektromobilität)

Fahrmanöver

Einfluss Leichtbau

Bremsen aus 100 km/h

++

Stationäre Kreisfahrt

+

Doppelter Fahrspurwechsel

++

Überfahrt
Schlechtwegstrecke

0

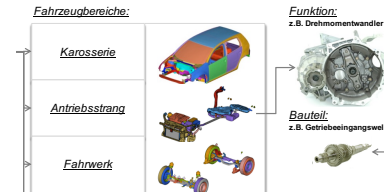
Gliederung

1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
- 6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials**
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials

Systematisierung

- **Systematisierung aller Komponenten** in Fahrzeugbereiche, Funktion, Systemgruppe und Bauteil
- **Identifikation von Komponenten** mit sekundärem Gewichtseinsparungspotenzial



Primäre Gewichtsreduktion
Referenzfahrzeugs:

- Mittelklasse
- Diesel 125 kW
- DKG, Allradantrieb

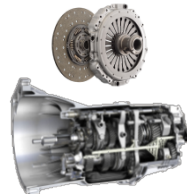


- 42,2 kg

Ermittlung Sekundärpotenzial

Analytisch

- Kupplung
- Getriebe, Differential
- Bremsen
- ...



Empirisch

- Motor/Schwungrad
- Kühlsystem
- Kraftstofftank
- ...



Simulativ

- Karosserie
- Fahrwerk
- ...



Sekundäres Gewichtseinsparpotenzial

- Fahrzeuggewicht kann durch sekundäre Einsparpotenziale **kostenneutral/-optimal verringert** werden.
- Sekundäre Maßnahmen müssen jedoch **in früher Entwicklungsphase vorliegen** um (Re-) Dimensionierung der Komponenten noch kostengünstig vornehmen zu können.

6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials

Potenzialbewertung

• Loop 1

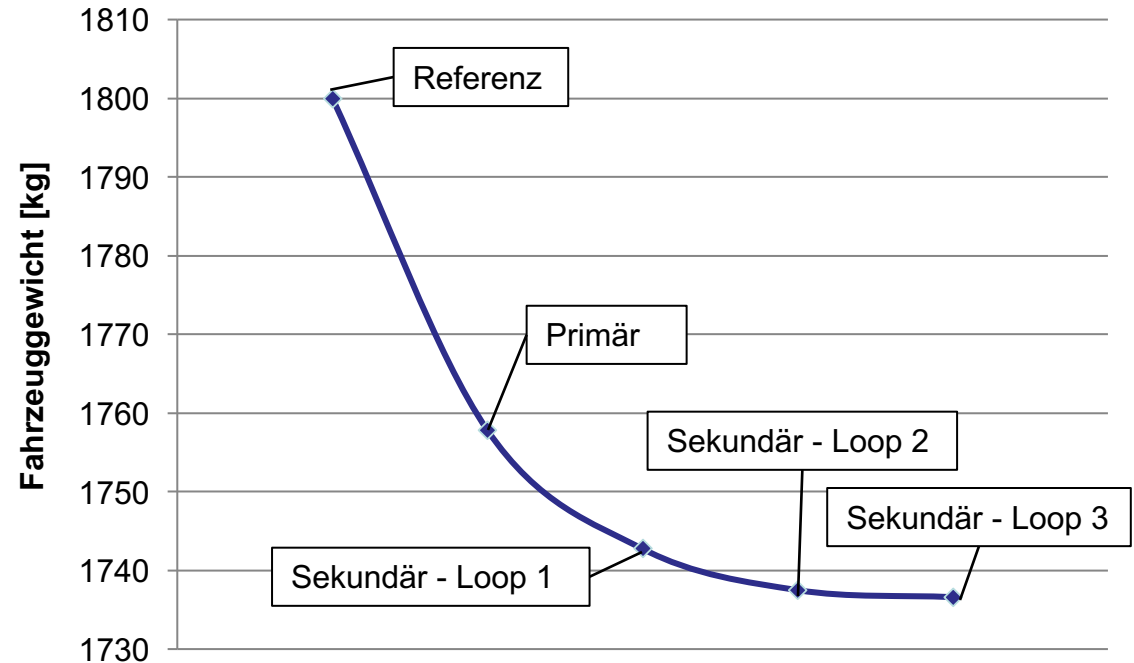
- Antrieb 3,49 kg
- Fahrwerk 8,28 kg
- Karosserie 3,28 kg
- **Gesamt 15,06 kg**

• Loop 2

- Antrieb 1,20 kg
- Fahrwerk 1,38 kg
- Karosserie 2,67 kg
- **Gesamt 5,25 kg**

• Loop 3

- Antrieb 0,38 kg
- Fahrwerk 0,51 kg
- Karosserie /
- **Gesamt 0,89 kg**



Primäre Reduktion

42,20 kg

+

Sekundäre Reduktion

21,20 kg

=

Gesamtreduktion

63,40 kg

Gliederung

1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

7. Lebenszyklusanalyse

Zielsetzung

- **Lebenszyklusanalyse** für ein ausgewähltes **Referenzbauteil** → **Zahnrad**
- qualitative Darstellung des Effektes der Leichtbaumaßnahmen auf Gesamtfahrzeugebene



Struktur des Lösungsweges

Umfeldanalyse

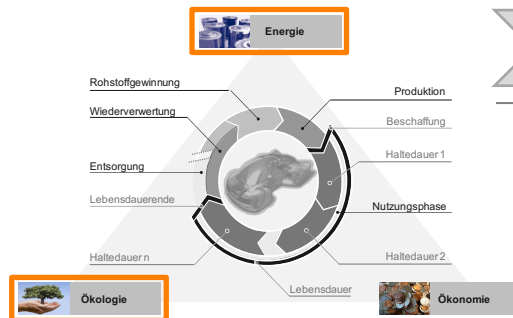
- Betrachtung von Umweltvorschriften und legislativen Rahmenbedingungen für die nachhaltige Produktion
- Portfolio von Fertigungstechniken zur Herstellung von Fahrwerks- und Antriebskomponenten

LCA Phasen und Analysedimensionen

- Auswahl der relevanten Lebenszyklusphasen, Analysedimensionen sowie Leichtbau-Innovationen für die folgende Detailanalyse (entsprechend ISO 14040 und ISO 14044)

Life Cycle Inventory

- Technische Informationen zu relevanter Komponente



Lebenszyklusanalyse

- Detaillierte Analyse des Referenzprozesses sowie des innovativen Prozesses hinsichtlich der in AP5.2 festgelegten Analysedimensionen

Sensitivitätsanalyse

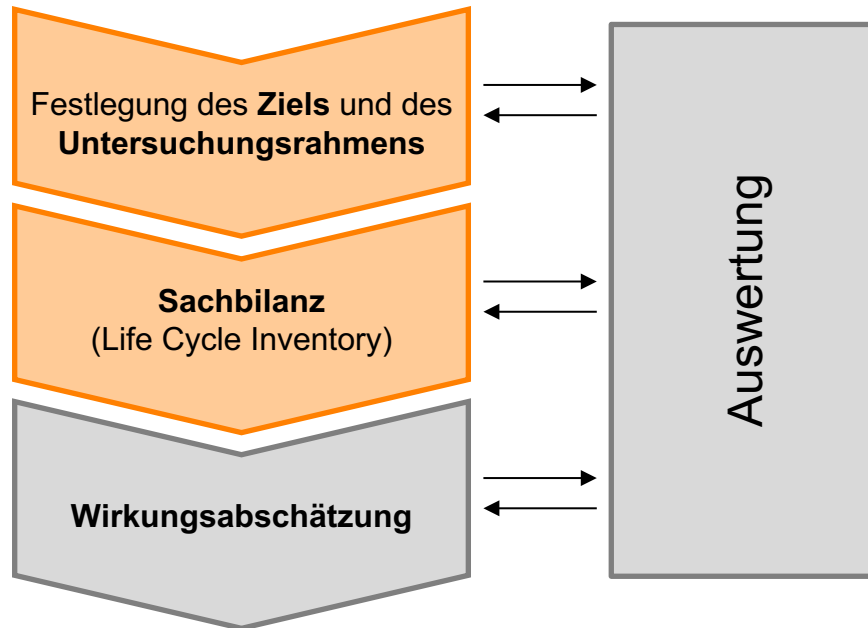
- Validierung der Berechnungsergebnisse durch Parametervariation

Interpretation und Empfehlung

- Interpretation der Ergebnisse sowie Formulierung der Handlungsempfehlung

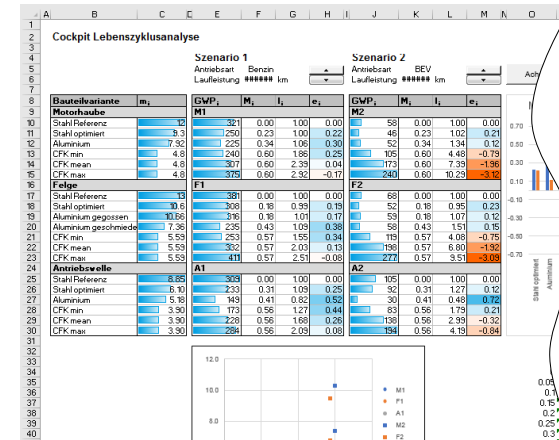
Lebenszyklusanalyse - Methodik

Rahmen der LCA



Anwendung

- Softwaretool auf Basis der **detaillierten LCA**
- Qualitative** Abschätzung der Auswirkungen von innovativen **Herstellungsprozessen** auf den gesamten **Lebenszyklus** des Produktes



- Die LCA ist ein **iterativer Prozess** ⇒ während der Auswertung Modifikationen des Ziels, des Untersuchungsrahmens und des LCI möglich.
- Die detaillierte LCA stellt die **Basis für ein Tool** zur Abschätzung der **Auswirkungen von Innovationen** auf den Lebenszyklus dar.

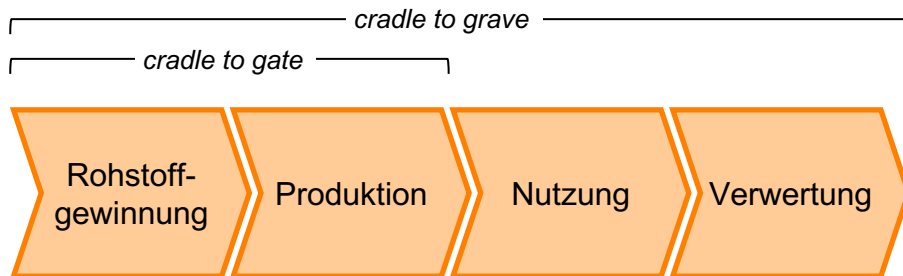
LCA Phasen und Analysedimensionen nach ISO 14040 / 14044

DIN EN ISO 14040

„Prinzipien und allgemeine Anforderungen“

- **Ziel und Untersuchungsrahmen**
 - Zahnrad aus dem Forschungsverbund
 - GWP und Primärenergiebedarf
- **Systemgrenzen:**
 - Geographisch (Deutschland), technisch
- **Funktionale Einheit:**
 - pro eingespartem kg Stahl

Lebenszyklus:



DIN EN ISO 14044

„Anforderungen und Anleitungen“

(Ersetzt DIN EN ISO 14041 bis 14043)

- **Sachbilanz** (zuvor ISO 14041)
 - Modellierung der Prozesskette des Produktsystems
 - Ermittlung aller Stoffströme in und aus dem System (Rohstoffe, Emissionen, Abfälle)
- **Wirkungsabschätzung** (zuvor ISO 14042)
 - Quantifizierung der Umweltauswirkungen
- **Auswertung** (zuvor ISO 14043)
 - Darstellung und Interpretation der Ergebnisse
 - Diskussion von Sensitivitäten und Einschränkungen

LCA Zielsetzung und relevante Analysedimensionen

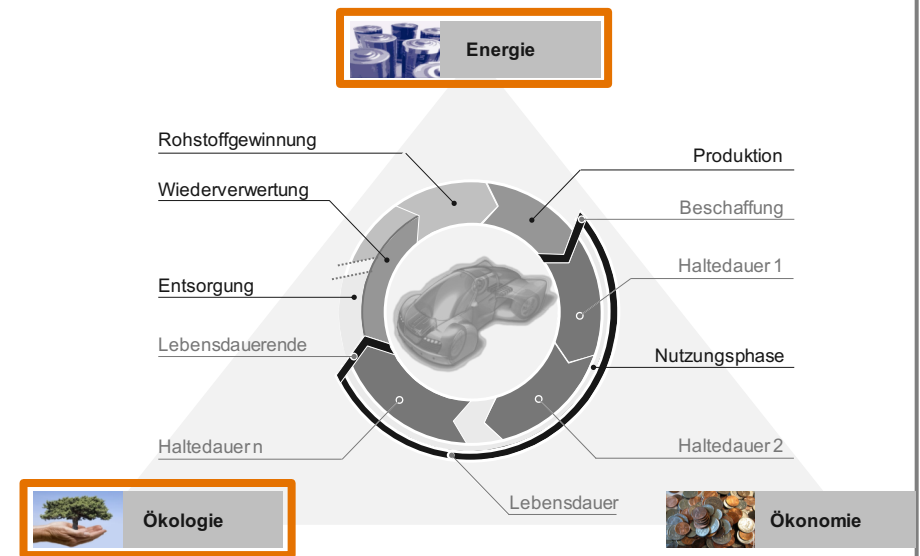
Zielsetzung

- Vergleichende **Bewertung verschiedener Herstellprozesse** eines Referenzbauteils
- Ganzheitliche **energetische** und **ökologische** Produkt- und Prozessbewertung von Leichtbaumaßnahmen über den gesamten Lebenszyklus
- **Ableitung von Handlungsempfehlungen** für eine nachhaltige Produkt- und Prozessgestaltung

Untersuchungsrahmen

- Analysedimensionen: Fokus auf **energetischen** (Primärenergiebedarf) und **ökologischen (Global Warming Potential)** Dimensionen
- Geographische Systemgrenze: **DE**
- Technologische Systemgrenze:
 - a) Gesamter Lebenszyklus des Referenzbauteils mittels **Massivumformung**
 - b) ... mittels **Guss und spanender Bearbeitung**
- Funktionale Einheit: Umweltauswirkung **je eingespartem Kilogramm Bauteilgewicht**
- Referenzbauteil: **Zahnrad**

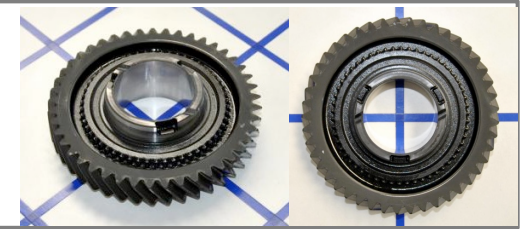
Lebenszyklusphasen



LCI- Alternativprozesse

Referenz

Referenzbauteil für den konventionellen Herstellungsprozess, Stahl-Gangrad 1.Gang
Fertigung aus einem einzigen Schmiedeteil. Werkstoff: 20MnCrS5
Leichte Anpassung des Innendurchmessers auf 41,9 mm statt 27,7 mm
Die Masse beträgt daher 567 g statt 622 g



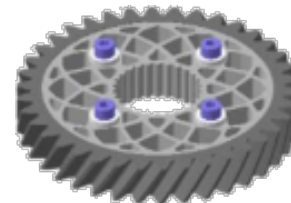
Alternativprozess 1

- Konventioneller Zahnkranz
- **Aluminiumradkörper** durch Querfließpressen eingefügt
- Innenkontur Zahnkranz unrundgedreht
- Masse: 297 g (Gesamt)
85 g (Radkörper)



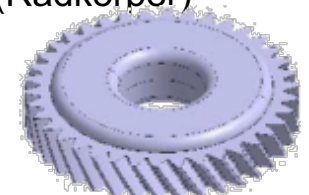
Alternativprozess 2

- **Radkörper** besteht aus **9 Blechen** aus Dualphasenstahl, mit einer Stärke von je 1,5 mm.
- Die Bleche werden in der Stanzfolge paketiert und in den Zahnkranz eingepresst.
- Masse: 515 g (Gesamt)
303 g (Radkörper)



Alternativprozess 3

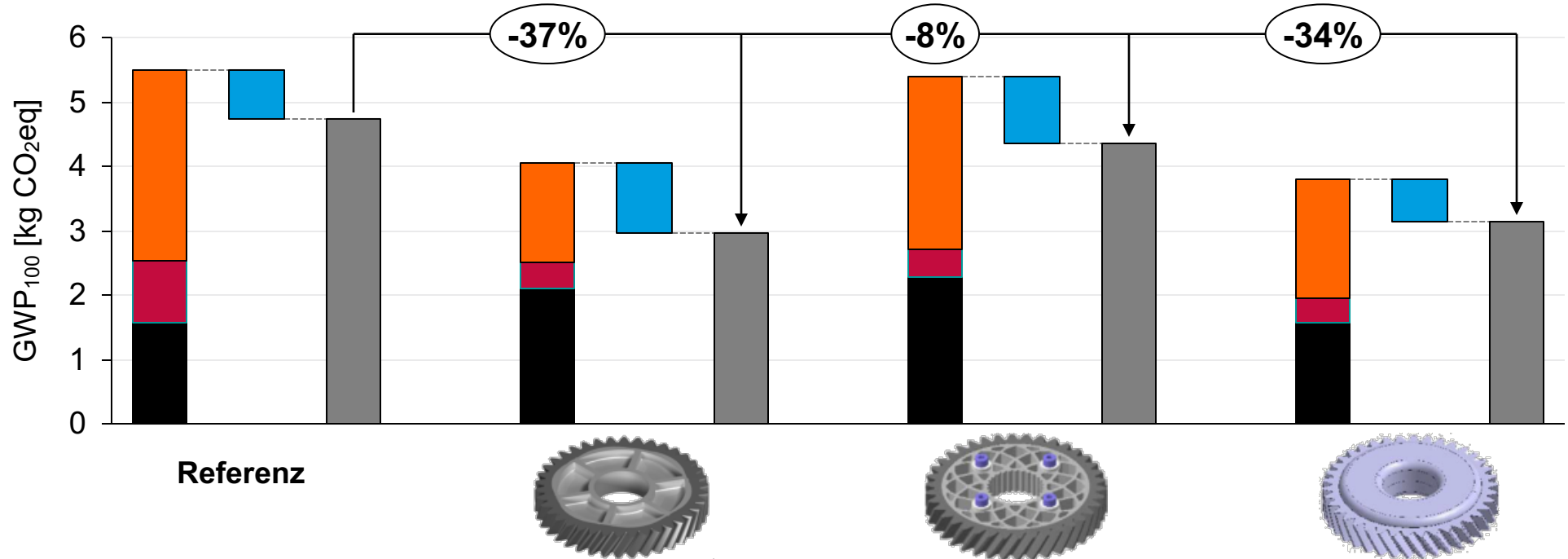
- Radkörper besteht aus 2 Blechen aus Dualphasenstahl mit einer Stärke von je 3 mm
- Die Bleche werden durch **Tiefziehen zu Halbschalen** geformt und bilden zusammen einen hohlen Radkörper
- Masse: 358 g (Gesamt)
155 g (Radkörper)



Lebenszyklusanalyse

Basisszenario

- Fahrzeug mit Dieselmotor und einer Fahrleistung von 150.000 km
- Weitere Szenarien wurden untersucht, Variation der Parameter Antriebstrang, Kraftstoff, jährliche Fahrleistung etc.

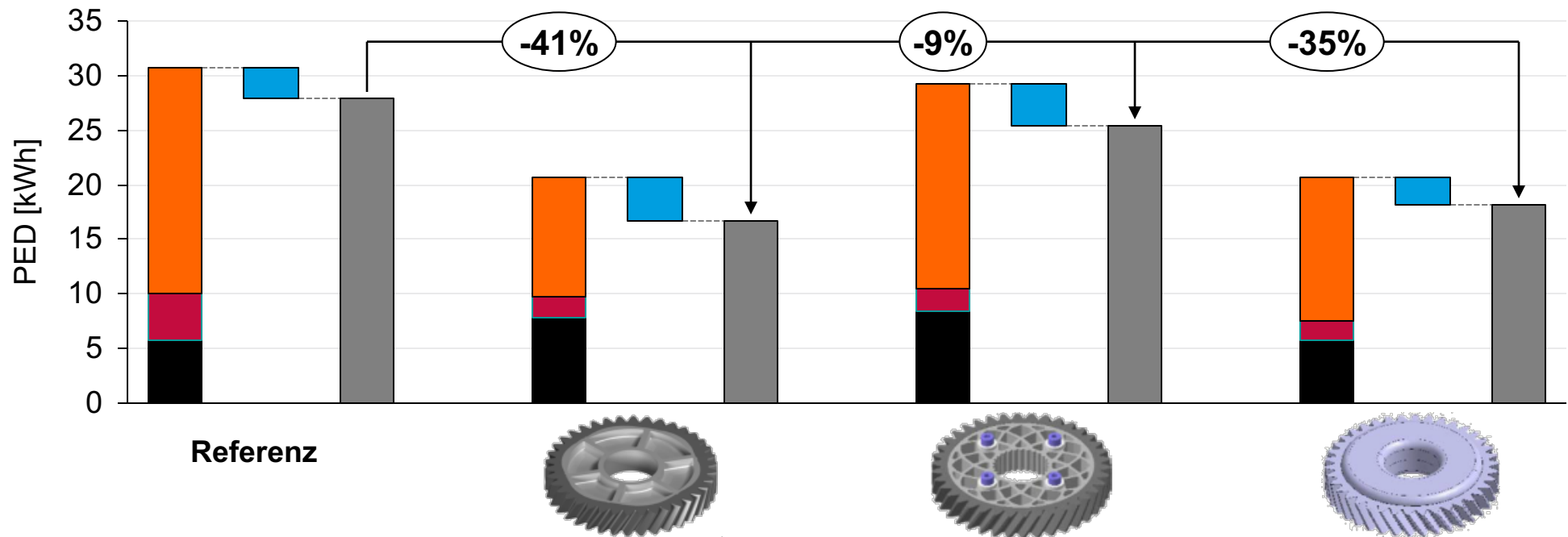


■ Nutzung
 ■ Fertigung
 ■ Rohstoffgewinnung
 ■ Verwertung
 ■ Summe

Lebenszyklusanalyse

Basisszenario

- Fahrzeug mit Dieselmotor und einer Fahrleistung von 150.000 km
- Weitere Szenarien wurden untersucht, Variation der Parameter Antriebstrang, Kraftstoff, jährliche Fahrleistung etc.

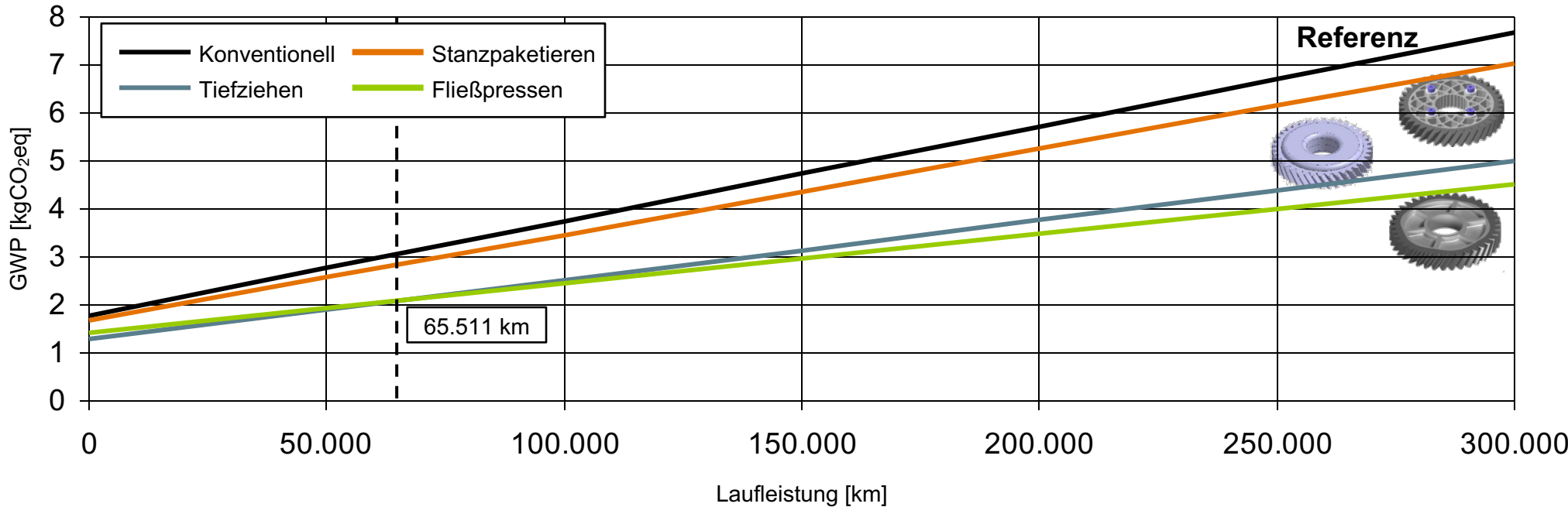


■ Nutzung
 ■ Fertigung
 ■ Rohstoffgewinnung
 ■ Verwertung
 ■ Summe

Lebenszyklusanalyse

Gesamtfahrzeugebene

- Fahrzeug mit Dieselmotor, C-Segment, produziert in Deutschland, Fahrzyklus gemäß WLTP, 64% Recycling



- Der Verlauf der Treibhausgasemissionen über der Laufleistung zeigt deutlich die hohe Relevanz des automobilen Leichtbaus
- Ab einer Distanz von 65.511 km werden die höheren Emissionen in der Produktionsphase der fließgepressten Variante, verglichen mit der tiefgezogenen Variante, durch die Massereduktion überkompensiert.

Sensitivitätsanalyse

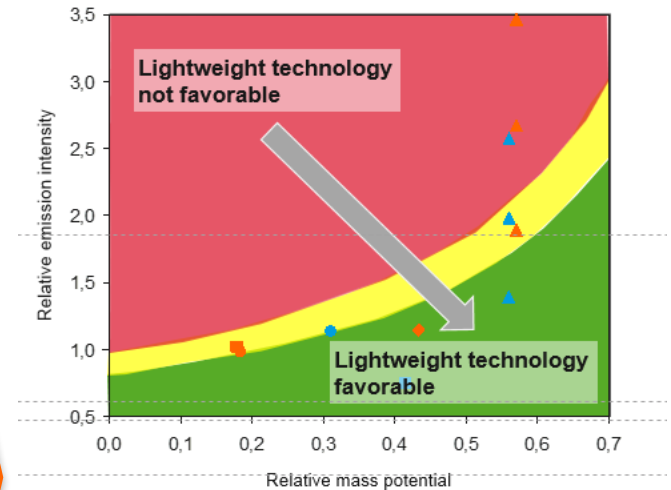
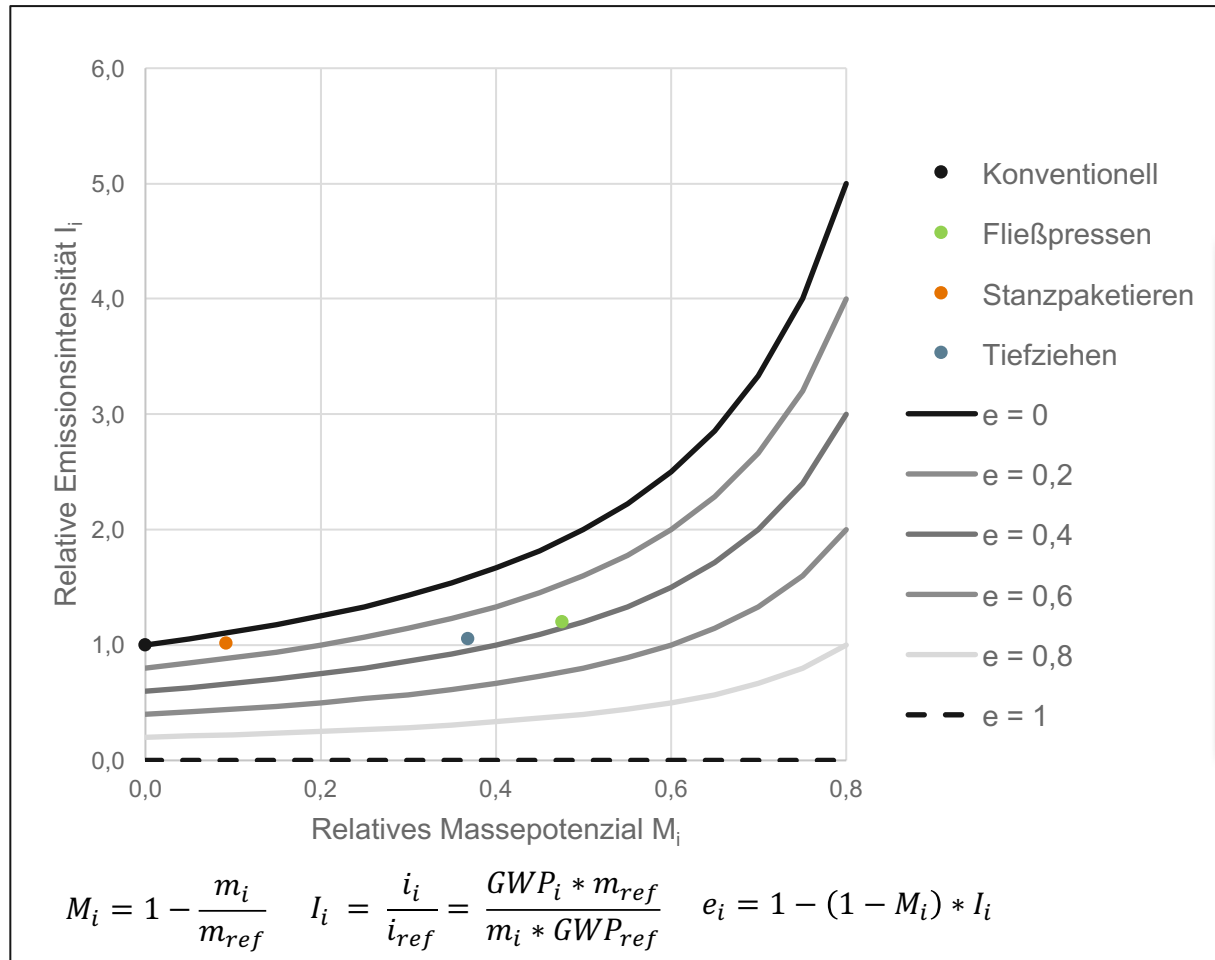
Basisszenario



GWP [kgCO ₂ eq]				PED [kWh]			
Konventionell	Tiefziehen	Stanzpaketieren	Fließpressen	Konventionell	Tiefziehen	Stanzpaketieren	Fließpressen
4,733	3,145	4,358	2,966	27,970	18,303	25,545	16,625

Absolut	GWP -25% [kgCO ₂ eq]				PED -25% [kWh]			
	Konventionell	Tiefziehen	Stanzpaketieren	Fließpressen	Konventionell	Tiefziehen	Stanzpaketieren	Fließpressen
Stahl, primär, alle	4,642	3,019	4,197	2,879	27,640	17,844	24,956	16,308
Stahl, sekundär	4,621	3,047	4,206	2,909	27,556	17,944	24,986	16,411
Alu, primär	4,733	3,145	4,358	2,901	27,970	18,303	25,545	16,380
Alu, sekundär	4,733	3,145	4,358	2,921	27,970	18,303	25,545	16,455
Induktives Erwärmen	4,692	3,145	4,358	2,966	27,882	18,303	25,545	16,625
FP-Glügen	4,688	3,145	4,358	2,966	27,777	18,303	25,545	16,625
Einsatzhärten	4,710	3,136	4,349	2,958	27,876	18,267	25,508	16,589
Wälzschleifen	4,680	3,092	4,305	2,914	27,674	18,007	25,249	16,329
Dieserverbrauch	3,994	2,678	3,687	2,579	22,804	15,045	20,856	13,919
Delta Prozentual	GWP -25%				PED -25%			
	Konventionell	Tiefziehen	Stanzpaketieren	Fließpressen	Konventionell	Tiefziehen	Stanzpaketieren	Fließpressen
Stahl, primär, alle	-1,92%	-4,01%	-3,70%	-2,94%	-1,18%	-2,51%	-2,30%	-1,90%
Stahl, sekundär	-2,37%	-3,09%	-3,48%	-1,95%	-1,48%	-1,96%	-2,19%	-1,29%
Alu, primär	0,00%	0,00%	0,00%	-2,22%	0,00%	0,00%	0,00%	-1,47%
Alu, sekundär	0,00%	0,00%	0,00%	-1,53%	0,00%	0,00%	0,00%	-1,02%
Induktives Erwärmen	-0,86%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,31%	0,00%	0,00%	0,00%
FP-Glügen	-0,95%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,69%	0,00%	0,00%	0,00%
Einsatzhärten	-0,48%	-0,28%	-0,20%	-0,29%	-0,34%	-0,20%	-0,14%	-0,22%
Wälzschleifen	-1,12%	-1,68%	-1,21%	-1,78%	-1,06%	-1,62%	-1,16%	-1,78%
Dieserverbrauch	-15,62%	-14,83%	-15,39%	-13,05%	-18,47%	-17,80%	-18,35%	-16,28%

Strategische Handlungsempfehlungen



- Die Lebenszyklusanalyse kann als strategisches Entscheidungsinstrument genutzt werden
- Eine Normierung der Massenreduktion und der Energieintensität erlaubt einen Vergleich verschiedener Konzepte (und auch Bauteile)
- Referenzperformance muss Voraussetzung sein!

Lebenszyklusanalyse

Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

- Es existieren **diverse Richtlinien und Gesetze** zur Einhaltung der **Umweltvorschriften** entlang des Lebenszyklus und **treiben** die nachhaltige Produktion an
- Die selben Produkte können mit **verschiedenen Fertigungsverfahren** hergestellt werden, die mit der Massivumformung **konkurrieren**. **Wesentliche Vorteile** der Massivumformung gegenüber anderen Verfahren sind: *Sehr gute Materialausnutzung – Integration von funktionalen Strukturen – geringe Beeinflussung der Gefügestruktur – hohe Reproduzierbarkeit*
- Die **Prozessschritte** der konventionellen und drei innovativen Fertigungsverfahren wurden **abgebildet** und mit verschiedenen **Prozessparametern detailliert**
- Aus Nutzungsphase geht große Bedeutung des automobilen Leichtbaus hervor.
- **Anfänglich** hat die **tiefgezogene Variante** die beste Ökobilanz, ab einem **Break-Even-Point** bei ca. 65,5 Tkm werden die Initialemissionen der **fließgepressten Variante** durch Einsparungen im Betrieb überkompensiert.
- Die höchste **Emissionsreduktion von 37%** (PED -41%) erreicht die fließgepresste Variante.
- Die **Absolutwerte** sind stark von den **Rohstoffemissionen abhängig**, die **Reihenfolge** der Varianten ändert sich dadurch jedoch **nicht**.
- **Erwärmung** des Materials und **Feinhartbearbeitung** sind besonders relevant für GWP_{100} .
- Den **größten Einfluss** hat die Annahme der **Verbrauchsreduktion** durch Leichtbau.

Gliederung

1. Untersuchungsfelder
2. Innovationsgeschehen und Technologieentwicklung
3. Innovationshemmnisse für Leichtbauteile in der Prozesskette
4. Maßnahmen zur Überwindung der Innovationshemmnisse
5. Potenzialbewertung der primär gewichtsreduzierten Bauteile
6. Analyse des sekundären Gewichtseinsparungspotenzials
7. Lebenszyklusanalyse
8. Vorteile des Massiver Leichtbau - Gesamtsicht

8 Vorteile des Massiver Leichtbaus - Gesamtsicht

Direkte Vorteile des Leichtbaus

- Potenziale der Kosteneinsparung durch Gewichtsreduktion und Verwendung anderer Stahlsorten (Einsparpotenzial 63,40 kg, primäres Gewichts-Einsparpotenzial 42 kg, sekundäres: 21 kg)
- verminderter Treibstoffverbrauch: reduzierter Verbrauch beim Referenzfahrzeug (Verbrauchsreduktion um 0,52% im NEDC)
- Verbesserte Fahrdynamik und Fahrsicherheit (insbesondere Längsdynamik beim Bremsvorgang und die dynamische Querdynamik)

Indirekte Vorteile durch Zusammenarbeit

- Zunehmende Wettbewerbsfähigkeit Vernetzung in der Wertschöpfungskette
- Impuls für Forschung und Innovationsaktivitäten in der Bauteilumformung (Unternehmen können aktiver auf neue Marktherausforderungen reagieren)
- Forschungsimpuls in die Forschungseinrichtungen (Forschungsinstitute und Universitätsinstitute), der zur Suche nach verbesserten Bauteildesigns führt
- Kooperation auch mit Bereichen außerhalb des Fahrzeugbaus wird gestärkt

Zu beachten: Leichtbau im Systemkontext

- Wirtschaftlichkeit muss gegeben sein
- Es geht nicht nur um Bauteil-Leichtbau, sondern auch um Funktion und Effizienz im Gesamtsystem „Automobil“
- Wettbewerb mit anderen Materialien, Verbünden

Mitarbeiter

Dr. Michael Rothgang (Projektleitung)
 Dr. Jochen Dehio
 Wolfgang Dürig
 Rheinisch-Westfälisches Institut für
 Wirtschaftsforschung
 Hohenzollernstr. 1-3, 45128 Essen
 Tel +49 201 8149 248, - 274, -271
 E-Mail: rothgang@rwi-essen.de,
dehio@rwi-essen.de,
duerig@rwi-essen.de



Alexander Busse, M.Sc.
 Institut für Kraftfahrzeuge –
 RWTH Aachen University
 Steinbachstr. 7
 52074 Aachen
 Tel +49 241 80 25586
 E-Mail: busse@ika.rwth-aachen.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Industrielle
Gemeinschaftsforschung



Ansprechpartner für Ihre Rückfragen:

Dr. Michael Rothgang
Tel.: +49 (0) 201 8149 248
rothgang@rwi-essen.de

